

Rev. FCA UNCUYO. ISSN 0370-4661. Tomo 43. N° 1. Año 2011. 155-174.

# Evaluación integrada de la sostenibilidad ambiental, económica y social del cultivo de maíz en Chiapas, México

## Integrated assessment of environmental, economic and social sustainability of maize in Chiapas, México

Carlos E. Aguilar-Jiménez <sup>1</sup>

Alfredo Tolón-Becerra <sup>2</sup>

Xavier Lastra-Bravo <sup>2</sup>

Originales: Recepción: 10/08/2010 - Aceptación: 22/04/2011

### RESUMEN

En este estudio se evaluó la sostenibilidad de los agroecosistemas tradicionales y alternativos de producción de maíz en tres Ejidos de la Región Selva de Chiapas, mediante la aplicación del enfoque agroecológico (MESMIS). El estudio se realizó en dos ciclos agrícolas: milpa y tornamil. En el primero se evaluaron los sistemas de roza-tumba-quema (R-T-Q), sin quema y en sucesión de nescafé (*Mucuna deeringiana* Bort.). En el segundo ciclo se analizaron tres sistemas sin quema con diferentes periodos de nescafé, y se modificó la densidad poblacional para analizar su efecto sobre la producción. Los valores de los indicadores económicos y sociales se obtuvieron a través de técnicas participativas. En la milpa se determinó el efecto positivo del fuego en el control de las arvenses y de la plaga *Diatraea liniolata* (Walker). Los sistemas alternativos con uso de abono verde presentaron mejores resultados en los aspectos agronómicos. Los sistemas con modificación de la densidad poblacional obtuvieron un mayor rendimiento de grano y una mayor rentabilidad financiera. En el análisis final integrado, los sistemas alternativos obtuvieron mejores resultados, aunque los sistemas de R-T-Q, por la adaptación al medio ambiente, obtuvieron resultados positivos en algunas variables. Por tanto, su uso en la región constituye una realidad etnocultural lejos de desaparecer en el futuro cercano.

### ABSTRACT

In this research, the sustainability of traditional and alternative maize producing agroecosystems was assessed in three ejidos in the Selva Region of Chiapas, using an agroecological approach (MESMIS). The study was conducted over two farming cycles: milpa and tornamil. In the first, the slash, fell and burn (S-F-B) system was assessed, with no burning and in rotation with velvet bean (*Mucuna deeringiana* Bort.). In the second cycle, three systems with no burning and differing periods of velvet bean use were analysed, and plant density was modified to analyse its effect on production. Economic and social indicator values were found with participative techniques. During milpa, fire was found to have a positive effect on weed and pest (*Diatraea liniolata* Walker) control. The alternative systems with use of green manure showed better agronomic results. Grain yield was found to be higher, and profitability was greater in the systems with modification of plant density. In the final integrated analysis, the alternative systems obtained better results, although positive results were observed in some variables due to the S F-B system's adaptation to the environment. So, its use in the region constitutes an ethnocultural reality which is far from disappearing in the near future.

1 Universidad Autónoma de Chiapas. Facultad de Agronomía. Campus V. km. 7. Carretera Villaflores-Tuxtla Gutiérrez. 30470. Villaflores, México.

2 Universidad de Almería. Área de Proyectos de Ingeniería. Carretera Sacramento s/n. La Cañada de San Urbano. 04120. Almería, España. [atolon@ual.es](mailto:atolon@ual.es)

### Palabras clave

producción tradicional de maíz • uso del suelo • roza-tumba-quema • agroecosistemas sostenibles • análisis integral • indígenas • Chiapas • México

### Keywords

traditional maize production • land use • slash, fell and burn • sustainable agroecosystems • integral analysis • indigenous people • Chiapas • México

## INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) constituye una de las principales fuentes de alimentación de la compleja y diversificada sociedad mexicana. Tanto los grupos étnicos originarios como la población mestiza dependen fuertemente de este grano, más aún cuando es originario de Mesoamérica (50), y esta región es un gran foco de diversidad biológica (41).

El estudio realizado por Brush y Perales (8) destaca que en Chiapas los productores mestizos prefieren razas más comerciales y son más proclives a aceptar nuevas razas; por el contrario, los productores indígenas mantienen razas locales con una gran mezcla de colores y tamaños, cultivando genotipos locales principalmente por su alta adaptación.

Keleman *et al.* (28) reconocen que los procesos agrícolas actuales contribuyen a la reducción de las condiciones agroambientales en las que se cultiva el maíz, y como consecuencia fomenta una adopción generalizada de variedades híbridas. Anderson y Cutler (5) definen la raza como un grupo de individuos con un número significativo de genes en común.

El sistema de producción agrícola más importante de la región lo constituye el agroecosistema milpa, que tiene como cultivo principal el maíz y es complementado con otros cultivos de importancia económica familiar (24).

La milpa se caracteriza por ser de tipo itinerante o migratorio (7), y en México es conocida como Roza-Tumba-Quema (R-T-Q). Este tipo de producción consiste en la limpieza de pequeñas parcelas y la quema de residuos vegetales secos, para posteriormente cultivar en ellas y aprovechar los nutrientes de las cenizas (7). El concepto de tumba se aplica únicamente a los sistemas que implican la incorporación de vegetación de altura (>10 m), caso contrario se conoce como roza-quema (R-Q).

A partir de los dos a tres años de cultivo, los nutrientes se agotan y la maleza se convierte en un problema, por lo que los agricultores abandonan el terreno por un periodo entre diez a veinte años, tiempo que permite una mayor regeneración de las especies forestales, y por tanto tener una mayor vegetación de altura (44). Este periodo de descanso, necesario para la recuperación de la capacidad productiva y fertilidad de los suelos (25), se conoce técnicamente como barbecho (48). Este sistema es continuo, se queman nuevas parcelas hasta regresar a la primera, y cíclico porque se repite una y otra vez (7).

En la actualidad la sostenibilidad de la milpa se ha visto afectada por la reducción del barbecho, principalmente por la explosión demográfica, 3,8% media anual, superior a la nacional (2,6%), y donde la población indígena tiene un 8% anual (26).

La dinámica de la economía familiar en la región de Chiapas es compleja en su composición. Está conformada por distintos subsistemas con valor de uso diferenciado, pudiéndose agrupar en alimentación, materia prima, recursos económicos y ahorro, que conjuntamente cubren las necesidades básicas de los indígenas.

La agricultura es de autoconsumo y en las mejores condiciones de comercialización para subsistencia, y se pertenece a la economía campesina nacional menos favorecida (36). La renta de mano de obra temporal y los apoyos oficiales aportan en su mayoría los recursos mínimos para las necesidades básicas.

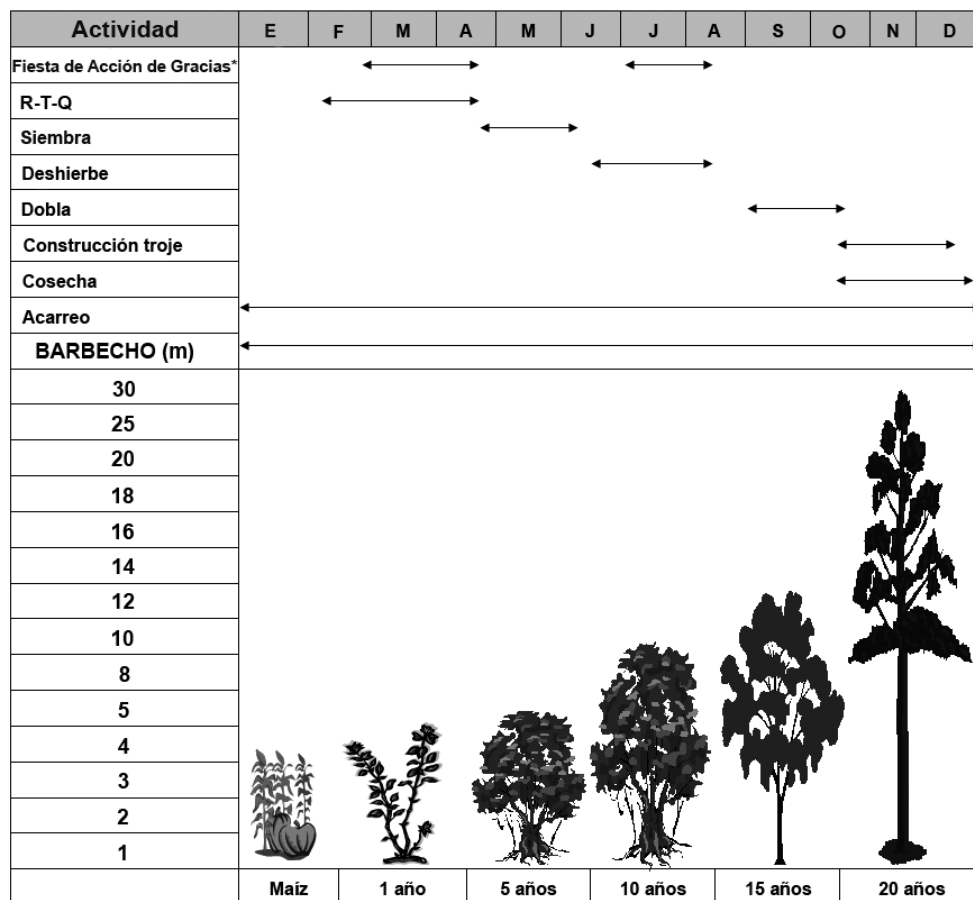
Históricamente, el cultivo de café constituyó el principal producto comercial de la región, pero su crisis mundial ha impactado negativamente sobre la zona y ha producido un incremento de las actividades pecuarias, potenciando la susceptibilidad del suelo a la degradación.

Las condiciones naturales y sociales existentes, junto con las políticas de desarrollo regional, sugieren una situación problemática compleja para el futuro, por lo que se requiere una mayor atención al campo, puesto que en México, el medio rural depende en lo económico y cultural del sector agropecuario (51).

En las actividades del sistema R-T-Q, en la zona de estudio, se distinguen ocho elementos que incluyen actividades agrícolas y extraparcerarias (figura 1, pág. 158), comunes para los territorios del sur de México habitados por indígenas (15, 25, 33, 48). Después de la tumba, se destaca la práctica del picado de la vegetación arbórea, pero al constituir un elemento poco documentado, obliga a pensar que el sistema debe distinguirse como R-T-Q (1). En la Región Selva el 80% de la población es indígena, y casi en su totalidad practican este sistema.

A pesar de la gran importancia del mismo, no ha sido evaluado bajo las condiciones actuales de cultivo, se carece de una sistematización básica en la información y se desconoce la experimentación de prácticas alternativas. El 40% de la población indígena lo constituye el grupo étnico de los Choles, segundo en importancia en la Región Selva. Cultiva maíz de manera temporal bajo dos sistemas: R-T-Q itinerante (milpa) y sedentario de roza sin quema (*tornamil*).

Por la importancia que tienen estos sistemas tradicionales en la región, es necesario realizar un análisis integral de la dinámica actual de la agricultura itinerante, evaluar su sostenibilidad económica, ambiental y social, a partir de indicadores estratégicos en diferentes periodos de barbecho y determinar el impacto de prácticas alternativas, como son el cultivo de manera continua sin quema y el cultivo con el uso del abono verde nescafé (*Mucuna deeringiana* Bort.), en el clima tropical húmedo de Chiapas.



\* La fiesta de Acción de Gracias es una actividad tradicional de las religiones cristianas, especialmente las no católicas, entre las comunidades indígenas. Los grupos religiosos agradecen o piden ayuda para la realización de las diferentes labores de cultivo.

**Figura 1.** Calendario de actividades de la milpa (R-T-Q) en la Región Selva de Chiapas; México.

**Figure 1.** Calendar of activities in milpa (S-F-B) in the Selva Region of Chiapas, México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Zona de estudio

Este estudio se realizó en los ejidos Ignacio Allende, Venustiano Carranza y Cuctiepa, Municipio de Tumbalá, Región Socioeconómica VI Selva, Estado de Chiapas, México (400 m s.n.m., 17°16'N, 92°09'W). Debido a su cercanía geográfica son de naturaleza montañosa, con una pendiente promedio de 40%. De acuerdo

con la clasificación de Köppen modificada por García (17), el clima es Af(m) (cálido húmedo con lluvias prácticamente todo el año), con una temperatura media anual de 27,5°C, con una precipitación media anual de 3500 mm, y con vientos dominantes suaves, 30 km h<sup>-1</sup> (26).

En México, el Ejido es un régimen de tenencia de la tierra de tipo social, y en este territorio cada ejidatario posee en promedio 15 ha. Pero, debido a repartos hereditarios se ha producido un minifundio y como consecuencia una alta presión de uso del suelo por las actividades agrícolas. La totalidad de la población del área de estudio tiene a la lengua Ch'ol, perteneciente a la familia maya-quichena (6), y presenta condiciones socioeconómicas de alta marginación (26).

La vegetación primaria se ha modificado considerablemente en el área de estudio como consecuencia de la naturaleza nómada de las actividades agrícolas de R-T-Q. En la actualidad existen únicamente pequeñas superficies dispersas de selva alta perennifolia, siendo en su mayoría vegetación secundaria o alcahuals (38) en diferentes periodos de descanso. La principal actividad económica de la zona es el cultivo de maíz, frijol y café. En el cultivo de maíz se utilizan exclusivamente variedades criollas de la raza tuxpeño (50). Estas comunas son representativas de la Región Socioeconómica Selva de Chiapas por situarse orográficamente en la parte media de la macrocuenca (27).

### **Metodología**

Se aplicó el paradigma agroecológico, bajo condiciones de producción y con la participación de indígenas de la etnia Ch'ol, que conserva tradiciones agrícolas ancestrales de cultivo de maíz. Para hacer operativo el concepto de sostenibilidad, considerando aspectos ambientales, económicos y sociales, se aplicó como herramienta metodológica el Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales incorporando Indicadores de Sostenibilidad (MESMIS) (35). La evaluación de la sostenibilidad de los sistemas agrícolas es de carácter comparativo transversal, basado en el análisis simultáneo del sistema de manejo de referencia y de un sistema alternativo (35).

El MESMIS integra seis elementos generales: 1) determinación del objeto, 2) determinación de los puntos críticos, 3) selección de indicadores de sostenibilidad, 4) edición y monitoreo (colección de datos en campo), 5) presentación e integración de resultados y 6) conclusiones y recomendaciones. (16, 32, 35). Los atributos o propiedades considerados en el MESMIS fueron: a) productividad, b) estabilidad, confiabilidad y resiliencia, c) adaptabilidad, d) equidad y e) autodependencia (autogestión).

### **Determinación del objeto**

Según la estructura jerárquica de los agroecosistemas propuesta por Hart (23) y Martínez (34), el estudio consideró el sistema tradicional de producción anual de maíz de la región, enmarcado en dos ciclos agrícolas con regímenes climáticos de temporal. Para el primer ciclo se establecieron ocho sistemas de evaluación: cuatro sistemas tradicionales (ST): barbecho de 20 (20ACQ), 15 (15ACQ), 10 (10ACQ) y 5 años

con quema (5ACQ), y cuatro alternativos (SA): 5 (5ASQ) y 2 (2ASQ) años de cultivo permanente sin quema, sin quema y con nescafé (SQCN) y vegetación no perturbada (VNP). Para el segundo ciclo se establecieron seis sistemas: 5 (5ACCT) y 2 (2ACCT) años de cultivo continuo tradicional, 5 (5ACCA) y 2 (5ACCA) años de cultivo continuo alternativo, cultivo continuo tradicional (CCCNT) y alternativo (CCCNA) con nescafé. Las actividades de quema fueron consideradas únicamente en el primer ciclo, ya que en el segundo ciclo (época de lluvia) no se realizan por la humedad de la biomasa, caracterizándose el terreno por la presencia de acahuales pequeños de uso continuo.

Para el primer ciclo se establecieron treinta y dos unidades experimentales de 0,5 ha de superficie, cuatro para cada sistema de evaluación, divididas en dos propiedades de distinto agricultor indígena. Los agricultores locales definieron las fechas de siembra en los dos ciclos de evaluación. En el segundo ciclo se establecieron dos parcelas de estudio para cada sistema de 1 ha, en doce propiedades distintas, que fueron subdivididas en dos unidades de muestreo de 0,5 ha para la aplicación de la tecnología de siembra tradicional (TT) y alternativa (TA). Como tecnología alternativa se consideró la modificación de la densidad poblacional, a través de la modificación de la distancia de siembra entre hileras y plantas.

En la milpa (primer ciclo) se realizó la evaluación del sistema R-T-Q, utilizado en la preparación del terreno de cultivo, y se definieron cuatro barbechos estratificados cada cinco años para tener margen de comparación entre los periodos de descanso, debido a que no se observan efectos considerables en periodos más reducidos (33). Se incluyó en la investigación dos SA, cultivo de manera continua sin quema y el cultivo en sucesión de nescafé, y un patrón de referencia, vegetación no perturbada representada por la selva alta perennifolia, que funciona como reserva comunitaria. El patrón fue utilizado para la comparación de elementos ecológicos con respecto a los agroecosistemas.

En el segundo ciclo, para TA se utilizó una distribución de siembra de 1 m entre hileras y de 0,5 m entre plantas. Se sembraron dos semillas por punto dando una densidad poblacional aproximada de 40000 plantas ha<sup>-1</sup>. La distribución en TS fue de entre 1,2 ó 1,4 m<sup>2</sup>. Se depositaron de cinco a seis semillas por punto, con una densidad aproximada de 30000 plantas ha<sup>-1</sup>.

### **Determinación de puntos críticos, criterios de diagnóstico y selección de indicadores de sostenibilidad**

Se realizó un análisis de los sistemas de producción y manejo del cultivo de maíz para identificar los procesos o aspectos que limitan o fortalecen su sostenibilidad, y relacionarlos con los atributos definidos para el MESMIS (32, 35). En la determinación de los puntos críticos se cubrió todas las dimensiones de la sostenibilidad. Los indicadores se definieron considerando las cinco fases metodológicas sugeridas por Masera *et al.* (35). Se seleccionaron los criterios de diagnóstico, a través de la definición de indicadores de sostenibilidad, de manera que permitieran determinar los sistemas más sostenibles, aquellos que muestran integralmente mayor cantidad de indicadores cercanos al óptimo.

Los valores de los indicadores ambientales, económicos y sociales se obtuvieron mediante el trabajo participativo con los doce productores a través de encuestas, estructuradas en base a las necesidades de la investigación y de los objetivos propuestos. Como cada productor experimentó la TA, el propósito de la encuesta fue conocer su opinión sobre ella. En el análisis de los factores económicos se usó la metodología de Perrin *et al.* (43), basada en el Presupuesto Parcial, el Análisis de Dominancia, la Tasa Marginal de Retorno (TRMAR), la Tasa Mínima de Retorno (TRMIN) y el Análisis Marginal.

### **Análisis estadístico**

El análisis estadístico de las variables agroambientales (suelos, flora, plaga, erosión y las características fenológicas y agronómicas de maíz) se realizó a través de procedimientos estadísticos de análisis de varianza (ANOVA).

Para conocer la relación entre las variables de estudio se ajustaron modelos de Regresión Lineal Múltiple utilizando el método de selección hacia adelante (forward) (14, 40). Los modelos con variables significativas fueron reportados teniendo en cuenta el error estándar de los estimadores y parámetros, la significación de los parámetros y el modelo, el coeficiente de determinación, y el coeficiente estadístico de Durbin Watson para valorar la incorrelación de los errores, considerando que no existen serios problemas de autocorrelación cuando el valor del mismo fue  $> 1,4$  (21), y teniendo en cuenta el análisis gráfico de los residuos. Finalmente, se realizó el análisis de Componentes Principales (30, 39, 49), considerando el criterio técnico para la selección de los indicadores.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Al compararse simultáneamente los sistemas evaluados en los dos ciclos el análisis mostró complejidad, procediendo a obtener un promedio de cada indicador entre los ST y los SA para determinar la sostenibilidad agroambiental de las tecnologías evaluadas.

### **Puntos críticos identificados, criterios de diagnóstico e indicadores seleccionados, y métodos de evaluación aplicados**

Para la producción de maíz, los puntos críticos muestran una complejidad y vulnerabilidad en sus atributos, fundamentadas en el contexto de prácticas tradicionales y en las políticas agrícolas asumidas. En el sistema de R-T-Q, la alta explosión demográfica poblacional ha originado el incremento de la frontera agrícola y una reducción en los barbechos. La presión de uso se ha constituido en el elemento que acelera la degradación del suelo, y que afecta la sostenibilidad del agroecosistema.

Según el MESMIS, los atributos, los criterios de diagnóstico, los indicadores estratégicos y los métodos de evaluación, para ST, SA, TT y TA se consignan en la tabla 1 (pág. 162). El ACP generó dos funciones que en su conjunto extrajeron el 90,58% de la variación total de la información. Destaca en la primera agrupación el efecto positivo de la modificación de la densidad de siembra, que impactó positivamente en las TA, lo que sugiere la importancia del manejo de las densidades de población.



**Tabla 1.** Atributo, criterio de diagnóstico, indicador estratégico y método de evaluación, usados en la evaluación de la sostenibilidad de la agricultura de R-T-Q y de prácticas alternativas en el Municipio de Tumbalá, Chiapas, México.

**Table 1.** Attribute, diagnostic criterion, strategic indicator assessment method used to evaluate sustainability of S-F-B agriculture and alternative practices in the Municipality of Tumbalá, Chiapas, México.

Atributo	Criterio de diagnóstico	Indicador estratégico	Evaluación		
			Método	Área	Ciclo
Productividad	Eficiencia	Rendimiento de grano de maíz	Estimación en parcelas (43)	A	P/V O/I
		Biomasa total y de partes útiles de nescafé	Cuadrado (29)	A	O/I
		Componentes agronómicos de maíz y nescafé	Muestras en parcelas de producción (31)	A	P/V O/I
		Biomasa forestal	Dasométrica (20)	A	P/V
		Análisis económico	Evaluación marginal (43)	E	P/V O/I
Estabilidad, resiliencia y confiabilidad	Diversidad en el tiempo y en el espacio	Patrón de uso del suelo	Años de barbecho del terreno y modificación de la densidad poblacional		P/V O/I
		Índice de diversidad	Índice de Shannon Weaver (46)	A	P/V O/I
		Densidad relativa	$(n/N)(100)$	A	P/V O/I
		Similitud de especies	Índice de Sørensen (29)	A	P/V O/I
		Banco de semillas	Charolas (33)	A	P/V
	Conservación de recursos	Calidad de suelos	Perfiles y propiedades físico-químicas (10)	A	P/V
		Erosión de suelos	Clavos y rondanas (4)	A	P/V
		Depreciación del suelo	Valor de Depreciación del Suelo (12).	E	P/V
		Cobertura de suelo	Cuadrado (33)	A	P/V O/I
	Fragilidad del sistema	Condiciones meteorológicas	Precipitación y temperatura diaria	A	P/V O/I
		Plagas y enfermedades	Incidencia y severidad	A	P/V O/I
		Acame de tallo de maíz	Muestreo aleatorio	A	P/V O/I
Adaptabilidad	Especies en sucesión	Diversidad florística	Índice de Shannon Weaver (46)	A	P/V
Autogestión	Autosuficiencia	Grado de dependencia de insumos externos	Jornales usados	A	P/V O/I
	Organización	Tipo y estructura de las organizaciones locales	Experimentación directa y encuesta	S	P/V O/I
	Participación	Involucramiento de productores en el diseño, implementación y monitoreo de los sistemas	Experimentación directa	S	P/V O/I
		Derecho de propiedad de tierra	Experimentación directa y encuesta	S	P/V O/I
	Control	Poder de decisión sobre aspectos críticos del sistema	Experimentación directa y encuesta	S	P/V O/I

(A) ambiental, (E) económica y (S) social.

\*P/V = Primavera-Verano (abril-septiembre) O/I = Otoño-invierno (noviembre-marzo).

(Env) environmental, (E) economics and (S) social.

\*Sp/Sm = Spring-Summer (April-September) A/W = Autumn-winter (November-March).



### **Evaluación de los indicadores ambientales**

En el área de estudio existe una alta diversidad florística en los alcahuales y no se observan mayores semejanzas entre los sistemas de quema y los de ausencia de quema. Una mayor diversidad indica una menor competencia interespecífica con el cultivo, debido a que no hay especies que dominen la comunidad, y por tanto, no se produce una fuerte competencia al maíz.

El valor más bajo del número de especies (diez) se observó en 15ACQ y el valor más alto (veintitrés) en SQCN. Se observa una disminución relativa del número de especies, de individuos y de familias conforme se prolonga el barbecho.

En el banco de semillas, el índice presenta valores muy similares entre los sistemas de cultivo, destacándose 5ACQ ( $H' 0,71$ ), en contraste con 15ACQ ( $H' 0,36$ ), en el cual existe dominancia de una especie de la familia Rubiaceae, modificándolo gradualmente. Los resultados de los SA denotan que las etapas de sucesión vegetal no se modifican fuertemente bajo diferentes períodos de descanso, lo que demuestra una fuerte adaptación de las especies a estas condiciones, las que la dormancia innata, inducida y exógena parecen dominar el ecosistema.

Para el nescafé se cuantificó un volumen promedio de biomasa total verde y seca de 7,4 y 1,9 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Se observó un desarrollo irregular del cultivo y dificultades al establecer sistemas de aboneras en terrenos de alta pedregosidad y alta competencia interespecífica con arvenses endógenas. Las extracciones totales de las partes vegetativas (tallo, hoja, flor y fruto) fueron de 54,5 kg N ha<sup>-1</sup>, 3,0 kg P ha<sup>-1</sup> y 42,34 kg K ha<sup>-1</sup>. Estas aportaciones al suelo por efecto de su cultivo constituyen técnicas de gran potencial natural para aumentar la capacidad productiva de estos suelos.

En la milpa, las características fenológicas y agronómicas del maíz (tabla 2, pág. 164) no mostraron una definición hacia ST ni alrededor de SA. Es significativo el efecto que produce la presencia de arvenses, que compiten con el cereal, debido a la gran cantidad de mano de obra que se utiliza para su control manual (15 jornales ha<sup>-1</sup>). Esto influye sobre todo cuando esta actividad se realiza de manera intermitente, que finalmente llega a determinar la producción.

En el *tornamil* hubo diferencias estadísticas significativas entre los sistemas evaluados en las variables agronómicas: número de mazorcas, mazorcas por plantas, plantas por hectárea y rendimiento de grano. En todos los casos se observaron mejores resultados en las parcelas bajo TA.

Se identificó como principal plaga del cultivo del maíz el barrenador neotropical del maíz o taladrador mayor del tallo (*Diatraea liniolata* Walker), que presenta una alta incidencia y severidad. Se observó una mayor presencia de la plaga en tecnologías de no quema, por tanto el fuego ejerce un control al eliminar los inóculos entomófagos. Existe una mayor incidencia en la época de ausencia de lluvias y en las partes altas de la pendiente, por la menor humedad existente por escurrimiento.

**Tabla 2.** Valores estadísticos de las variables fenológicas y agronómicas del maíz.  
**Table 2.** Statistical values of the phenological and agronomic values of the maize.

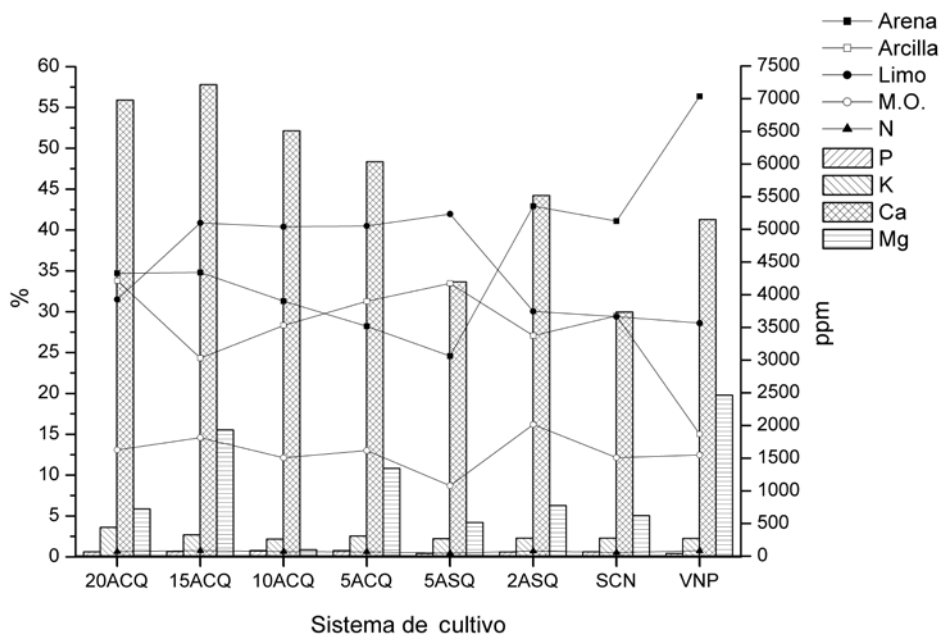
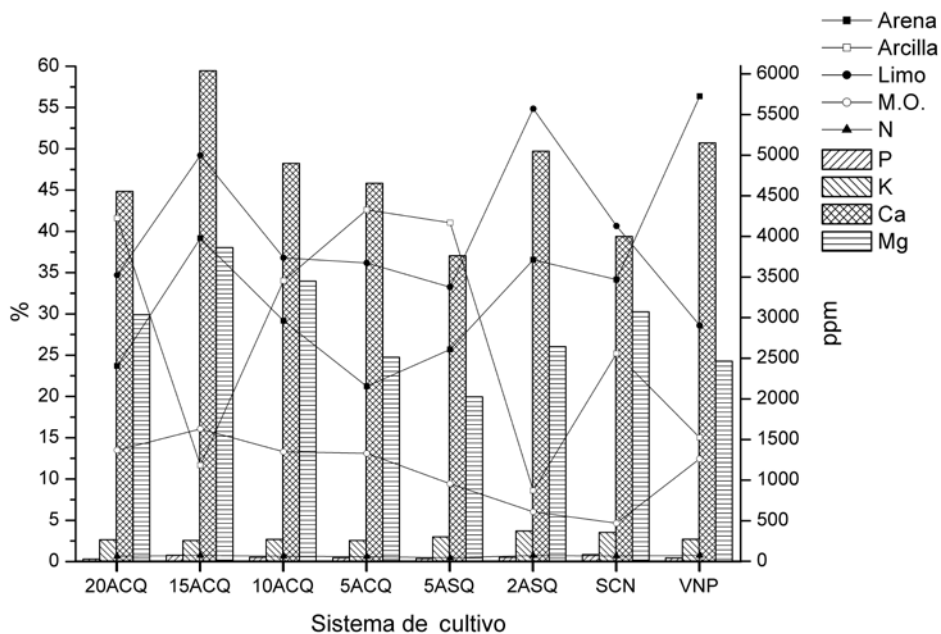
Indicador estratégico	Resultados				
	Mayor	Sistema	Menor	Sistema	$E_{s\bar{x}}$
Diversidad florística - Índice de diversidad ( $H'$ )*	0,5273	15ACQ	0,9670	SQCN	0,1300
Emergencia	7,50	20ACQ	5,50	10ACQ SCN	0,30
Floración masculina	76,00	2ASQ	68,0	15ACQ 10ACQ	1,68
Floración femenina	79,00	2ASQ	71,50	15ACQ	1,76
Madurez fisiológica	132,00	2ASQ	123	15ACQ	1,77
Altura de planta	3,22	10ACQ	2,67	5ASQ	0,16
Altura de mazorca	2,03	10ACQ	1,57	2ASQ	0,15
Área foliar	11592,80	20ACQ	8566,17	SCN	808,76
N° de mazorcas en 10 m	13,62	SCN	10,60	20ACQ	1,19
Hileras por mazorca	14,20	2ASQ	12,90	10ACQ	0,49
Granos por hilera	27,25	10ACQ	20,18	5ACQ	2,74
Granos por mazorca	369,50	5ASQ	329,80	5ACQ	20,97
Mazorcas por planta	0,79	20ACQ 5ASQ	0,70	2ASQ	0,03
Plantas por hectárea	28155,96	SCN	22738,30	20ACQ	2095,02
Rendimiento (kg ha <sup>-1</sup> )	1732,05	20ACQ	2170,84	5ASQ	248,86
Gusano barrenador (de 10 plantas muestreadas)	7,30	2ASQ	1,80	SQCN	1,14

\* El Índice de diversidad de Shannon-Weaver considera la riqueza de las especies y el número de individuos dentro de cada especie (equitatividad).

\* The Shannon-Weaver Index takes into account the species richness and the number of individuals within each species (evenness).

El análisis de las propiedades físico-químicas de los suelos (figura 2, pág. 165) señala que la región posee suelos fértiles, con alto contenido de nutrientes, un pH ligeramente ácido y buenas propiedades físicas. La textura varía ligeramente tanto antes de la quema como después de la cosecha. Las fracciones de esta característica física no se ven afectadas ni espacial ni temporalmente por efecto de los sistemas, y a nivel agronómico se consideran adecuados para el maíz. El pH del suelo es neutro, pero tiende a la acidez debido a la localización geográfica y a las condiciones ambientales (37).

Después de la cosecha ST presentan los valores más altos, lo que sugiere una menor acidez como consecuencia de las cenizas, por su alto contenido de Ca (45). Los resultados son influenciados por el alto nivel de materia orgánica existente, y se observa antes de la quema una correlación positiva entre el incremento de los periodos de barbecho y sus contenidos, llegando a cuantificarse valores estadísticamente similares entre los sistemas de descanso y el sistema de referencia. Al final del ciclo de cultivo, las determinaciones para la fracción orgánica indicaron mayor homogeneidad y estadísticamente fueron similares, destacándose incrementos importantes en los sistemas sin quema, en especial en el agroecosistema de abono verde.



**Figura 2.** Comparación múltiple de las propiedades físico-químicas de los suelos antes y después de la cosecha (profundidad 0-20 cm), en el Ejido Ignacio Allende, Municipio de Tumbalá, Chiapas, México. Ciclo milpa *de año*.

**Figure 2.** Multiple comparison of the physico-chemical properties of soils before and after harvesting (depth 0-20 cm), at the Ignacio Allende *Ejido*, Municipality of Tumbalá, Chiapas, Mexico. Milpa *de año* cycle.

Se evidenciaron altos volúmenes de erosión desde el principio del ciclo de cultivo, manifestando la alta erosividad y erodabilidad del territorio. En ST se observan las mayores pérdidas de suelo: 33,39; 39,34; 22,21 y 40,73 t ha<sup>-1</sup>, para los sistemas de veinte, quince, diez y cinco años de barbecho, respectivamente. Los resultados indican que los períodos de barbecho no influyen significativamente en la erosión de los suelos, ya que no se correlaciona el volumen erodado con el periodo de descanso.

La ausencia de quema junto con el uso de nescafé representan las alternativas con el menor coste de inversión para la recuperación de la fertilidad del suelo. Sin embargo, se pone de manifiesto la necesidad de estudiar temporal y espacialmente con mayor persistencia la dinámica de ST y bajo las alternativas propuestas.

Además, el manejo integrado del suelo debe priorizar propuestas que consideren la protección del ambiente mediante el diseño de sistemas de agroforestería, que impliquen el mejoramiento de los ciclos biogeoquímicos y la optimización del ciclo hidrológico en la cuenca, que beneficien de manera complementaria el paisaje (2).

### **Evaluación económica del agroecosistema**

El análisis económico se elaboró en base a las condiciones reales de producción espacial y temporal de cada sistema de investigación. El análisis de dominancia para la milpa muestra que SQCN dominó todos los sistemas en evaluación, debido a su alto rendimiento (2391,48 \$ ha<sup>-1</sup>) y bajos costes variables (1720 \$ ha<sup>-1</sup>).

Conforme aumenta el periodo de barbecho, aumentan los costes variables y se reducen los beneficios netos. 20ACQ obtuvo los costes más altos que varían (2790 \$ ha<sup>-1</sup>) y el más bajo beneficio neto (647,1 \$ ha<sup>-1</sup>).

A pesar de los beneficios netos obtenidos en SQCN, los recursos son insuficientes para el sostenimiento de una familia campesina, de allí la necesidad de diversificar la economía. Castañón *et al.* (9) alertan sobre la crisis del maíz en México, donde la competitividad es muy baja por el nivel tecnológico, la falta de subsidios y el tipo de comercialización.

Para el segundo ciclo el análisis de dominancia indicó que 5ACCT y 2ACCT fueron dominados, al igual que 5ACCA. Este último, a pesar de tener altos beneficios netos, cuantificó altos costos totales variables.

Se destacan los TA y el sistema de sucesión de nescafé bajo TT. Al pasar de CCCNT a CCCNA, el agricultor recuperará el peso invertido en la modificación de la densidad poblacional, y además obtendrá 6,35 pesos adicionales, mientras que al dejar de usar CCCNA, supliéndolo por 2ACCA, se reembolsa el peso y se obtienen 3,46 pesos suplementarios.

Desde el punto de vista económico, los agricultores sólo cambiarán elementos en sus sistemas si la inversión ejercida o capital de trabajo es superior al costo de capital. Es decir, la TRMIN aceptable constituye la referencia para que el agricultor

decida invertir. Los cambios sugeridos (de CCCNT a CCCNA y de CCCNA a 2ACCA) presentan TRMAR (635,3% y 346,9%, respectivamente) muy superiores a la TRMIN (100%).

Como resultado, ambos cambios pueden ser sugeridos a los agricultores desde el punto de vista económico. Los análisis estadísticos y agronómicos de los aspectos ambientales y sociales de cada sistema, determinan de manera similar la recomendación final.

En el análisis del recurso suelo, desde el punto de vista económico, se observó una descapitalización en relación con el manejo, con un efecto diferenciado al tener 5ASQ una menor pérdida de capital. Su coste de recuperación se calculó en \$ 630,33 ha<sup>-1</sup> (pesos mexicanos) con una tendencia a incrementarse en los agroecosistemas de quema bajo diferentes años de barbecho.

En 5ACQ y 15ACQ se establecieron costes de 4001,19 \$ y 4408,36 \$, respectivamente, que indican el potencial de degradación del recurso por efecto de la erosión hídrica. Se destaca la depreciación por las altas pérdidas de la materia orgánica, principalmente cuando la vegetación es suprimida por efecto de la quema. Resultados similares son reportados por Sheng (47).

### **Evaluación social de la tecnología alternativa**

De la encuesta se destacan las impresiones de los encuestados para el segundo ciclo. El 100% de los encuestados afirma estar de acuerdo con la aplicación de TA y que lo utilizará en futuros ciclos, por haber obtenido una mayor cosecha de grano a través de las modificaciones de la densidad poblacional. Los agricultores consideran que la falta de costumbre con la siembra cercana hace que el proceso de siembra sea lento, constituyéndose en la principal desventaja de este modelo (83%).

Finalmente, un 66% de los encuestados indicaron desconocer si en la región se podría adoptar esta tecnología, aludiendo a la falta de conocimiento, de cultura y a las condiciones adversas del territorio agrícola.

### **Integración de resultados**

Se establecieron valores óptimos y ponderados para los indicadores estratégicos en los sistemas evaluados en el primer ciclo agrícola (tabla 3, pág. 168). Se observa un comportamiento similar de los diferentes indicadores estratégicos en los sistemas evaluados durante el primer ciclo. ST no mostraron diferencias significativas con respecto al óptimo al reducir el descanso.

Sin embargo, se aprecia una ligera tendencia a favorecer a SA de no quema y de uso de abono verde, que en sus primeras etapas mejoran marginalmente los atributos de la sostenibilidad, requiriéndose para conocer los efectos a mediano y largo plazo evaluaciones diacrónicas. En este sentido Gliessman (19) sugiere persistencia en las prácticas agroambientales, indicando que los efectos positivos se alcanzan a mediano y largo plazo.

**Tabla 3.** Definición de valores óptimos y ponderados, en la evaluación de la sostenibilidad de la agricultura de R-T-Q y prácticas alternativas, en el Ejido Ignacio Allende, Municipio de Tumbalá, Chiapas, México. Ciclo Primavera-Verano 2001.

**Table 3.** Definition of optimum and weighted values used in evaluating sustainability of S-F-B agriculture and alternative practices in the Ignacio Allende Ejido, Municipality of Tumbalá, Chiapas, México. Spring-Summer cycle.

Indicador estratégico	Óptimo	Sistemas en evaluación						
		20ACQ	15ACQ	10ACQ	5ACQ	5ASQ	2ASQ	SQCN
Escolaridad (años)	5,70 <sup>1</sup>	5,50	2,50	2,00	4,50	5,50	7,00	2,50
No Individuos/Familia	4,00 <sup>2</sup>	4,00	5,00	2,50	3,50	5,00	4,50	5,00
Diversidad Acahual (H')	0,93 <sup>3</sup>	0,68	0,53	0,86	1,03	0,75	0,97	0,97
Volumen Forestal (m <sup>3</sup> )	24,66 <sup>4</sup>	7,01	1,35	0,95	0,40	0	0	0
Diversidad Pool (H')	1,00 <sup>5</sup>	0,51	0,36	0,61	0,71	0,44	0,55	0,41
M.O. (%)	12,46 <sup>6</sup>	13,49	16,06	13,30	13,11	9,43	6,03	4,64
Rendimiento (kg ha <sup>-1</sup> )	2500,00 <sup>7</sup>	1732,05	2068,26	2137,17	1828,97	2170,84	1849,31	2055,74
Diversidad Arvenses Milpa (H')	0,93 <sup>8</sup>	0,55	0,69	0,84	0,78	0,84	0,75	0,68
Plaga (N° de plantas afectadas)	3,00 <sup>9</sup>	3,05	1,90	3,62	3,40	3,52	7,30	1,80
Erosión (t ha <sup>-1</sup> )	1,35 <sup>10</sup>	33,39	39,34	22,21	40,73	11,09	15,14	15,45
Depreciación Suelo (\$/ha)	1301,73 <sup>11</sup>	3312,03	4408,36	2010,63	4001,19	630,33	1747,05	1301,73
Beneficio Neto (\$)	3000,00 <sup>12</sup>	674,10	1426,52	1780,34	1347,94	2221,68	1738,62	2391,48
Insumos externos (Jornales)	50,00 <sup>13</sup>	69,75	67,75	62,35	57,75	53,00	49,00	43,00

**Información utilizada en la definición de los valores óptimos:**

<sup>1</sup> Se consideró el promedio estatal, definido por el INEGI (27).

<sup>2</sup> Criterios personales del conocimiento de la región de estudio.

Individuos tolerables por familia en base a recursos disponibles.

<sup>3, 4, 6, 10 y 11</sup> En base al sistema de referencia (VNP).

<sup>5, 7 y 8</sup> Promedios caracterizados para la Región Selva.

<sup>9</sup> Incidencia tolerable determinada por CATIE (11).

<sup>12</sup> Criterios personales del conocimiento de la región de estudio. Beneficio neto en base a rendimiento óptimo.

<sup>13</sup> Criterios personales del conocimiento de la región de estudio. 50 jornales como máximo invertido.

ACQ = Años con quema. ASQ = Años sin quema. SQCN = Sin Quema Con Nescafé.

**Information used to define optimums:**

<sup>1</sup> The State mean as defined by the INEGI (27) was used.

<sup>2</sup> Personal criteria of the knowledge of the region of study.

Tolerable persons per family based on available resources.

<sup>3, 4, 6, 10 and 11</sup> Based on reference system (VNP).

<sup>5, 7 and 8</sup> Averages characterised for the Selva Region.

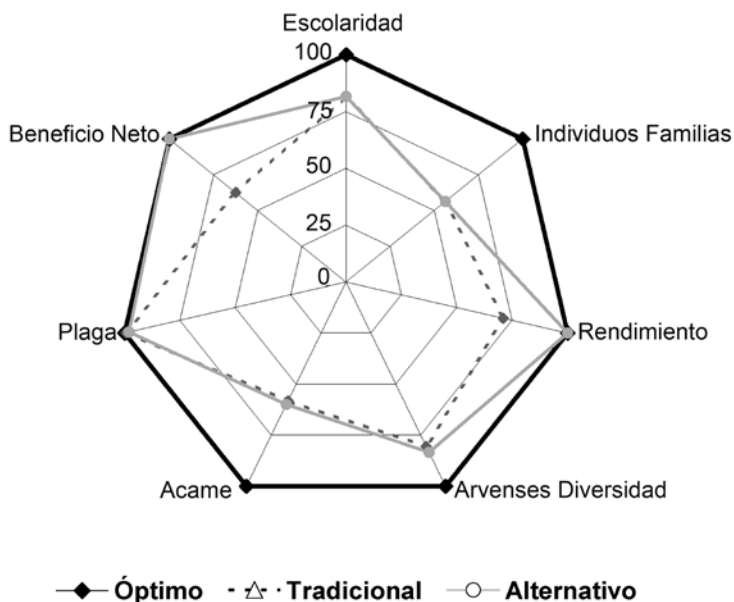
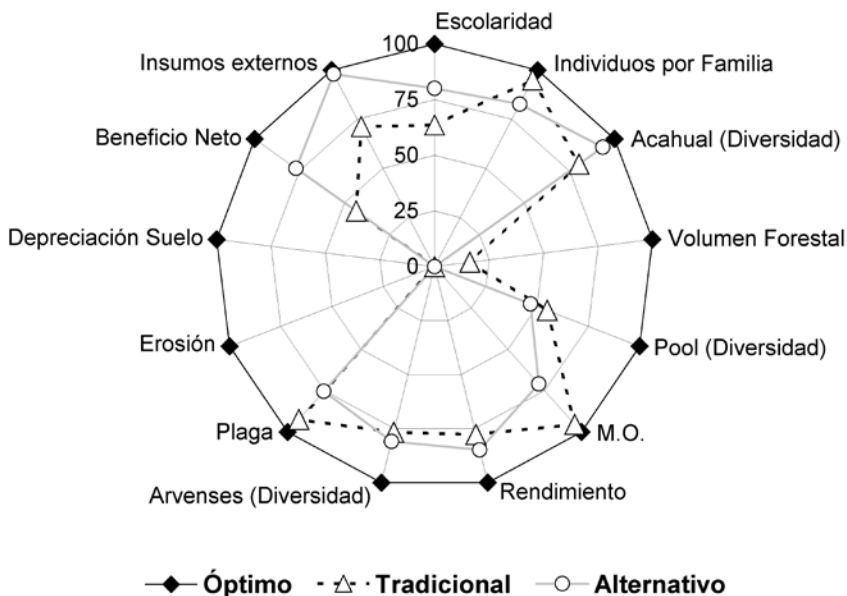
<sup>9</sup> Tolerable incidence as determined by CATIE (1990).

<sup>12</sup> Personal criteria of the knowledge of the region of study. Net profit based on optimum yield.

<sup>13</sup> Personal criteria of the knowledge of the region of study. 50 man/hours maximum invested.

ACQ = Years with burning. ASQ = Years with no burning. SQCN = No burning plus Nescafé.

El rendimiento de grano de maíz y beneficio neto, indicadores de la productividad, fue mayor en TA, mientras que el volumen forestal fue mayor en TT (figura 3, pág. 169).



**Figura 3.** Comparación de sistemas tradicionales y alternativos en la evaluación de la sostenibilidad de la agricultura tradicional y de prácticas, en los dos ciclos analizados.

**Figure 3.** Comparison of traditional and alternative systems in sustainability evaluation traditional agriculture and alternative practices, in the two analyzed cycles.



Los indicadores considerados en los atributos Estabilidad, Resiliencia y Confiabilidad: diversidad en los acahuales, diversidad de las arvenses en la milpa y grado de escolaridad, se agruparon positivamente hacia TA, mientras que la diversidad en el pool de semillas, la materia orgánica, plagas y número de personas por familia, favorecieron a TT. La erosión y depreciación de los suelos presentan un nivel de insostenibilidad máximo, tanto en TA como TT. Esta propiedad emergente de los agroecosistemas constituye el factor más importante a mediano y largo plazo en los estudios de sostenibilidad, por integrarse de los recursos base de las actividades agropecuarias (3, 13, 18, 22). Para la equidad y autogestión, se consideró únicamente como indicador estratégico los insumos externos, ya que esta propiedad requiere de evaluaciones prolongadas para conocer el desarrollo de las prácticas sugeridas, favoreciendo para este ciclo a TA. Finalmente no se considera indicador para la adaptabilidad, pues se fundamenta en el largo plazo.

Integrando los indicadores estratégicos (figura 3, pág. 169) se observa que SA presenta mayor beneficio y por consiguiente una mayor sostenibilidad respecto de ST. Sin embargo, Pérez-Grovas (42) sugiere que es necesario tomar medidas correctivas inmediatas en indicadores por debajo del 50% de lo óptimo. Para aquellos entre 50 - 75%, la atención deberá centrarse a corto y mediano plazo y, aquellos por encima del 75% no requerirán una modificación tecnológica. El factor suelo es de escaso desarrollo y proclive a fuertes procesos de morfogénesis (erosión hídrica), a pesar de mantener un status nutricional temporal favorable. Por tanto, constituye un indicador en estado crítico que requiere de medidas correctivas en base a criterios de aptitud y de uso. A pesar de presentar mayor fragilidad hacia la sostenibilidad, el sistema R-T-Q no se puede concebir sin analizar el contexto del agricultor que lo practica.

En el segundo ciclo, el rendimiento y el beneficio neto mostraron una mayor proximidad al óptimo en TA, por lo que desde esta perspectiva, el impacto de la modificación de la densidad poblacional presenta una mayor sostenibilidad respecto de TT (tabla 4, pág. 171). Estos dos indicadores constituyen fortalezas de rigor técnico-productivo de TA. Para la estabilidad, resiliencia y confiabilidad, los indicadores diversidad de arvenses en la milpa y acame, señalaron un mayor acercamiento a lo óptimo en TA.

Los indicadores plagas, escolaridad e individuos por familia no presentaron diferencias entre sistemas (figura 3, pág. 169). Estos elementos, en su conjunto, confirman una mayor sostenibilidad de SA, con respecto a las formas tradicionales, destacándose los sistemas de uso de abono verde. Sin embargo, mayores investigaciones con enfoque participativo deberán acompañar el extensionismo rural, en el proceso de generación y adaptación de esta tecnología, ya que a las sociedades indígenas se les debe reconocer como una agrupación distinta, que no necesariamente tiene las mismas aspiraciones económicas que las agrupaciones modernas. Ello nos induce a incorporar en un futuro nuevas variables auxiliares y flujos que retroalimenten los modelos de sistemas dinámicos en el sector rural y, particularmente en las comunidades indígenas, civilizaciones milenarias insuficientemente estudiadas.

**Tabla 4.** Definición de valores óptimos y ponderados, en la evaluación de la sostenibilidad de la agricultura de R-T-Q y prácticas alternativas, en tres Ejidos del Municipio de Tumbalá, Chiapas, México. Ciclo Otoño-Invierno 2001-2002.

**Table 4.** Definition of optimum and weighted values used in evaluating sustainability of de S-F-B agriculture and alternative practices in three ejidos in the Municipality of Tumbalá, Chiapas, Mexico. Autumn-Winter 2001-2002 cycle.

Indicador estratégico	Valor óptimo	Sistemas en evaluación					
		5ACC-A	5ACC-T	2ACC-A	2ACC-T	CCCN-A	CCCN-T
Escolaridad (años)	5,701	3,25	3,25	7,25	7,25	5,00	5,00
Número Individuos Familia	4,002	6,25	6,25	8,75	8,75	6,75	6,75
Rendimiento (kg ha <sup>-1</sup> )	2500,003	3116,32	2131,61	3392,09	1572,97	2721,99	1655,69
Diversidad Arvenses Milpa (H')	0,934	0,91	1,01	0,66	0,61	0,76	0,71
Acame (N° de plantas afectadas)	3,005	3,95	2,22	6,07	5,47	5,40	6,47
Plaga (N° de plantas afectadas)	3,006	2,06	1,88	2,10	2,16	3,17	3,01
Beneficio Neto (\$/ha)	3000,007	3992,64	2373,22	4714,18	1425,94	3673,98	1831,38

**Información utilizada en la definición de los valores óptimos:**

- <sup>1</sup> Se consideró el promedio estatal, definido por el INEGI (27).
- <sup>2</sup> Criterios personales del conocimiento de la región de estudio. Individuos tolerables por familia en base a recursos disponibles.
- <sup>3-4</sup> Promedios caracterizados para la Región Selva, por Aguilar (1996).
- <sup>6</sup> Incidencia tolerable determinada por CATIE (11).
- <sup>5</sup> Criterios personales del conocimiento de la región de estudio. Incidencia económica tolerable.
- <sup>7</sup> Criterios personales del conocimiento de la región de estudio. Beneficio neto en base a rendimiento óptimo.

**Information used to define optimums:**

- <sup>1</sup> The State mean as defined by the INEGI (27) was used.
- <sup>2</sup> Personal criteria of the knowledge of the region of study. Tolerable persons per family based on available resources.
- <sup>3-4</sup> Averages characterised for the Selva Region by Aguilar (1996).
- <sup>6</sup> Tolerable incidence as determined by CATIE (1990).
- <sup>5</sup> Personal criteria of the knowledge of the region of study. Tolerable economic incidence.
- <sup>7</sup> Personal criteria of the knowledge of the region of study. Net profit based on optimum yield.

## CONCLUSIONES

La sostenibilidad integral de los sistemas de producción de maíz analizados mejora con la supresión de la quema, y se incrementa en mayor medida con el nescafé. La integración de los indicadores estratégicos indicó un mayor grado de sostenibilidad por parte de los sistemas alternativos, sin quema y con modificación de la densidad poblacional, y que su práctica constituye una estrategia de ordenación del medio rural.

La sostenibilidad agroambiental, bajo las condiciones espaciales y temporales establecidas, no se ve afectada temporalmente por la reducción de los periodos de barbecho, poniendo de manifiesto el conocimiento indígena en la productividad de los recursos naturales. Valorando el suelo como capital natural, los sistemas que consideran la supresión de la quema constituyen las mejores opciones de manejo; además, la cobertura edáfica es de escaso desarrollo y proclive a procesos de morfogénesis, manteniendo temporalmente un estatus nutricional favorable tanto en los periodos de barbecho como en los sistemas de cultivo. También se reduce potencialmente la erosión hídrica.

En el análisis económico, la productividad del maíz es favorecida temporalmente por la modificación de la densidad poblacional de los sistemas alternativos y por el uso del nescafé. Los costes por la degradación del suelo indican la alta depreciación económica de ST en el área de estudio, que no ha sido considerado por los campesinos y las autoridades competentes en la planificación del manejo de la tierra, evidenciando la urgencia en la adopción de TA con potencial agroambiental. En general, los costes de reposición de la fertilidad edáfica contribuyen a la reflexión de la necesidad de evaluar la aptitud del recurso suelo para seleccionar determinadas tecnologías alternativas de manejo.

No obstante, debido a las condiciones ambientales y etnoculturales de la zona de estudio, la práctica de la R-T-Q se mantendrá como sistema preferente de producción de maíz por parte de la población indígena, aún incorporando la tecnología alternativa, debido a que este sistema preserva los elementos ecológicos y socioculturales de la agricultura migratoria prehispánica.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Acosta, D. E.; Aguilar, G.; Ramírez, R.; Sánchez, M. A.; Uuh, P.; Uribe, G.; Navarrete, R.; Nusico, J. M.; Zepeda, L. F.; Carvajal, E.; García, J. D.; Adame, G.; Cruz, M.; Mejía, C. F. 1984. La Milpa: sistema tradicional para producir maíz asociado con frijol, ib y calabaza en la península de Yucatán. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Centro de Investigaciones Agrícolas de la península de Yucatán. Mérida, México.
2. Ago, H.; Kessler, A. 1996. El enfoque de planeación participativa para enfrentar la degradación de tierras en América Latina. FAO. Santiago de Chile. 55 p.
3. Altieri, M. A. 1993. El rol ecológico de la biodiversidad en agroecosistemas. *Agroecología y Desarrollo*. 4, 2-11.
4. Anaya, M.; Ramírez, M. R.; Trueba, A.; Figueroa, B.; Fernández, O. 1991. Manual de conservación de suelos y agua. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Secretaría de Programación y Presupuesto. Montecillos, México.
5. Anderson, E.; Cutler, H. C. 1942. Races of *Zea mays* L. Their recognition and classification. *Annals of the Missouri Botanical Garden*. 29, 69-89.
6. Basauri, C. 1990. La población indígena de México. Tomo II. Instituto Nacional Indigenista. México.
7. Brady, N. C. 1996. Alternatives to slash-and-burn: a global imperative. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 58, 3-11.
8. Brush, S. B.; Perales, H. R. 2007. A maize landscape: Ethnicity and agro-biodiversity in Chiapas Mexico. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 1(21): 211-221.
9. Castañón, R.; Solleiro, J. L.; Del Valle, M. C. 2003. Estructura y perspectivas de la industria de alimentos en México. *Banco Nacional de Comercio Exterior*. 53(2): 104-113.
10. Caunalo, H. 1990. Manual para la descripción de perfiles de suelo en campo. Centro de Edafología. Colegio de Postgraduados. Montecillos, México. 40 p.
11. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). 1990. Guía para el manejo integrado de plagas del cultivo de maíz. CATIE-Proyecto Regional Manejo Integrado de Plagas. Serie Técnica Informe Técnico N° 152.
12. Consorcio Latinoamericano sobre Agroecología y Desarrollo (CLADES). 1996. *Agroecología y Desarrollo*. Santiago de Chile.

13. Conway, R. 1994. Sustainability in agricultural development: Trade-offs between productivity, stability and equitability. *Journal for Farming Systems and Research-Extension*. 4(2): 1-14.
14. Draper, N. R.; Smith, H. 1966. *Applied regression analysis*. John Wiley. New York. 736 p.
15. Dzib, L. A. 1991. El sistema de cultivo de maíz bajo roza-tumba-quema, en la Sierra de Zongolica, Veracruz. Universidad Autónoma Chapingo. México. 43 p.
16. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 1994. FESLM: an international framework for evaluating sustainable land management. FAO. World Soil Resources Report. Italy.
17. García, E. 1989. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlo a la República Mexicana. UNAM. México. 217 p.
18. Gliessman, S. R. 1993. Agroecología en América Latina: Experiencias con la investigación de las bases ecológicas de la sostenibilidad en los agroecosistemas de México. En: Ferrara, C. R. Quintero, L. R. (Eds.). *Agroecología, Sostenibilidad y Educación. Colegio de Postgraduados*. Montecillo, México, p. 1-7.
19. \_\_\_\_\_. 2002. *Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible*. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 359 p.
20. Grijpma, P. 1983. *Producción forestal: manuales para educación agropecuaria*. Secretaría de Educación Pública. México.
21. Guerra, W.; Cabrera, A.; Fernández, L. 2003. Criterios para la selección de modelos estadísticos en la investigación científica. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 37(1): 3-9.
22. Guzmán-Casado, G.; González-de-Molina, M.; Sevilla-Guzmán, E. 1999. *Introducción a la agroecología como desarrollo rural sostenible*. Editorial Mundi Prensa, Madrid. 532 p.
23. Hart, D. 1985. *Agroecosistemas: Conceptos básicos*. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 159 p.
24. Hernández, E. 1985. Informe técnico de la Dinámica de la Milpa. Colegio de Postgraduados-Secretaría de Programación y Presupuesto. Mérida, México. 52 p.
25. \_\_\_\_\_.; Levy, S.; Bello, E. 1995. La roza-tumba-quema en Yucatán. En: Hernández, E.; Levy, S.; Bello, E. (Eds.). *La milpa en Yucatán: un sistema de producción agrícola tradicional*. Colegio de Postgraduados, México. Tomo 1, p. 35-86.
26. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 2000. *Anuario Estadístico del Estado de Chiapas*. INEGI-Gobierno del Estado de Chiapas.
27. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI), 2000. *Agenda Estadística Chiapas*. INEGI-Gobierno del Estado de Chiapas, Secretaría de Hacienda.
28. Keleman, A.; Hellin, J.; Bellon, M.R. 2009. Maize diversity, rural development policy, and farmers' practices: lessons from Chiapas, Mexico. *The Geographical Journal*. 175(1): 52-70.
29. Krebs, J. 1985. *Ecología: Estudio de la distribución y abundancia*. Harla. México.
30. Linares, G. 1986. *Estadística multivariada*. Universidad de la Habana. La Habana.
31. López, A.; Villar B.; López W.; Zamarripa-Moran, A.; Garrido, E.; Turrent, A. 1993. *Manual de diagnóstico recomendación para la producción sustentable de maíz en Chiapas*. SARH-INIFAP-COAPAS-CAECECH. Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas.
32. López-Ridaura, S.; Maser, O.; Astier M. 2002. Evaluating the sustainability of complex socio-environmental systems. The MESMIS framework. *Ecological Indicators*. 2, 135-148.
33. Mariaca, R.; Hernández, E.; Castillo, A.; Moguel E. 1995. Análisis de una milpa experimental de ocho años de cultivo continuo bajo roza-tumba-quema en Yucatán; México. En: Hernández, E.; Levy, S.; Bello, E. (Eds.). *La milpa en Yucatán: un sistema de producción agrícola tradicional*. Colegio de Postgraduados. México, p. 339-368.
34. Martínez, J. P. 1997. Modelo conceptual del agroecosistema para el desarrollo agrícola sustentable basado en el hombre. En: *Memorias del III Simposio Internacional y IV Reunión Nacional sobre Agricultura Sostenible: Un futuro agrícola sostenible*. Comisión de estudios ambientales del Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas y Universidad de Guadalajara. p. 127-133.

35. Masera, O.; Astier, M.; López, S. 1999. Sustentabilidad y manejo de los recursos naturales: El marco de evaluación del MESMIS. GIRA A. C. México.
36. Mata, B.; 1994. Agricultura campesina y autogestión. En: Martínez, T.; Trujillo, J.; Bejarano, F. (Eds.). Agricultura campesina: orientaciones agrobiológicas y agronómicas sobre bases sociales tradicionales vs Tratado de Libre Comercio. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Montecillo, México, p. 99-110.
37. Núñez, E.; 1985. Efectos de la acidez del suelo sobre la producción de cultivares y su corrección mediante el encalado. Serie de Cuaderno: Edafología 2. Colegio de Postgraduados. México.
38. Ochoa-Gaona, S.; González-Espinosa, M. 2000. Land use and deforestation in the highlands of Chiapas, Mexico. *Applied Geography*. 20, 17-42.
39. Ojeda, M. 1999. Análisis exploratorio de datos: con énfasis multivariado y en el contexto de aplicaciones ecológicas. Universidad Veracruzana. Xalapa, México.
40. Ostle, B. 1974. Estadística aplicada. LIMUSA. México.
41. Perales, H. R.; Benz, B. F.; Brush, S. B. 2005. Maize diversity and ethnolinguistic diversity in Chiapas, Mexico. *PNAS of the United States of America*. 102(3): 949-954.
42. Pérez-Grovas, V. 2000. Evaluación de la sostenibilidad del sistema de manejo de café orgánico en la Unión de Ejidos Majomut, Región de los Altos de Chiapas. En: Masera, O.; López, R. S. (Eds.). Sustentabilidad y sistemas campesinos: cinco experiencias de evaluación en el México rural. Mundi Prensa. México.
43. Perrin, R.; Winkelmann, D.; Moscardi, E.; Anderson, J. 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). México.
44. Sánchez, P. A. 1976. Properties and management of soils in the tropics. Wiley and Sons, New York.
45. ————. 1981. Suelos del trópico: características y manejo. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José.
46. Shannon, E.; Weaver, N. 1949. The mathematical theory of Communication. U. of Illinois, USA.
47. Sheng, T. 1990. Conservación de suelos para los pequeños agricultores en las zonas tropicales húmedas. FAO. Roma.
48. Terán, S.; Rasmussen, C. H. 1994. La milpa de los mayas. Gobierno del estado de Yucatán. México.
49. Varela, M. 1998. Análisis multivariado de datos: aplicación a las ciencias agrícolas. ICA. La Habana.
50. Wellhausen, E.; Roberts, L. M.; Hernández, E.; Mangeldorf, P. C. 1985. Razas de maíz en México: su origen características y distribución. *Revista de Geografía Agrícola*. p. 609-732.
51. Zorrilla, L. 2003. Las políticas mexicanas de desarrollo rural en el siglo XX. *Banco Nacional de Comercio Exterior*. 53(2): 104-113.